

УДК 621.2.082.18

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО  
МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЕВОЙ МАТЕРИЦЕ С ДОБАВЛЕНИЕМ  
НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ВОЛЬФРАМА**

Глухарева Анастасия Андреевна

*Студент 6 курса**кафедра «Инструментальная техника и технологии»**Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Д.В. Виноградов,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Инструментальная техника и технологии»*

Композиционные материалы на основе алюминия, армированные дисперсными частицами, широко применяются в производстве деталей узлов трения [1, 2]. Из армирующих компонентов наиболее распространены твердые керамические частицы: оксиды, карбиды, нитриды, бориды. Введение их в количестве 2—10% (мас.) способствует повышению износостойкости алюмоматричных композитов. В данном случае в качестве армированного компонента используется оксид вольфрама [3, 4]. Имеются сведения о благоприятном влиянии на триботехнические характеристики узлов трения скольжения частиц  $WO_3$  шарообразной формы. Так, введение 0,2—1,0% (мас.) частиц  $WO_3$  заметно повышает износостойкость и способствует снижению коэффициента трения в 1,2—1,7 раза [5]. Кроме того, наблюдается повышение обрабатываемости алюмоматричных композиционных материалов при введении армирующих наночастиц [6, 7].

В исследовании были изучены трибологические характеристики трех образцов, химический состав которых представлен в табл.1. для сравнения был использован контрольный образец из АД0.

Таблица 1.

Химический состав образцов

№	Вводимый материал	Материал-основа	Соотношение	Весовой процент
1	-	АД0	—	—
2	Чистый $WO_3$	АД0	—	2,5%
3	$WO_3+Cu$	АК12М5	1:1	1%
4	$WO_3+Cu$	АК12М5	1:1	10%

Исследования были выполнены на стенде для триботехнических испытаний, построенном на модернизированной машине трения *Amsler A135*, оснащенном электронными компонентами для управления режимами работы, автоматизированного съема и обработки данных на ЭВМ [8], по методике [9, 10]. Образцы закреплялись в паз специальной оправки (рис.1). В качестве контртела использовалось кольцо из твердого сплава ВК8 ГОСТ 3882–94 (87,5 HRA). Твердость и износостойкость выбранного материала контртела существенно превышают соответствующие параметры материала испытуемых образцов, что позволяет использовать контртело многократно.

Нагрузка в контакте образец—контртело 30Н. Нагрузка контролировалась с помощью специальных гирь для машины трения. В ходе испытания требуемые

параметры записывались в режиме реального времени через программу *LabView*. При исследовании измеряли износ образцов по массе, а также момент трения. Износ контролировали после приработки образцов в течение 3 минут.

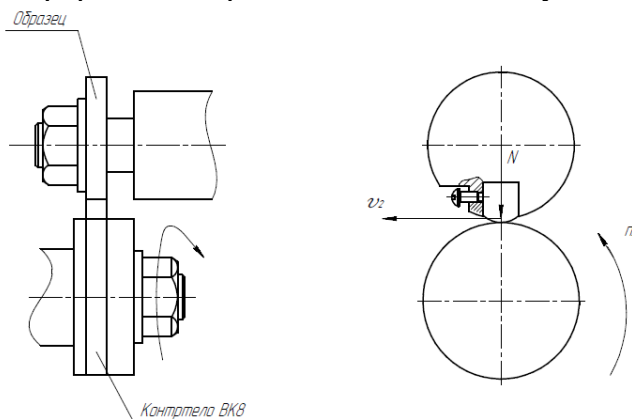


Рис. 1. Схема нагружения

$N$  — сила нагружения;  $V_2$  — линейная скорость вращения точек на дорожке трения соответственно контртела и образца;  $n_2$  — частота вращения соответственно контртела.

В табл.2 приведены результаты измерений момента трения  $M_{тр}$ , массового износа  $\Delta m$  и интенсивности изнашивания  $J$  для каждого образца.

Таблица 2.

Результаты измерений момента трения  $M_{тр}$ , массового износа  $\Delta m$  и интенсивности изнашивания  $J$  образцов

	$M_{тр}$ , Н·м	$t$ , °С	$\Delta m$ , г	$J$ , мг/мин
№1	1,752	27,43	0,2	7,4
№2	1,738	27,69	0,05	1,9
№3	1,729	27,59	0,01	0,4
№4	1,732	27,25	0,02	0,7

По данным таблицы можно сделать вывод, что момент трения и коэффициент трения для всех образцов отличаются незначительно. Большое отличие наблюдается в массовом износе и, следовательно, в износостойкости композиционных материалов с различными наполнителями.

Проведенные исследования трибологических свойств алюмоматричных композиционных материалов, легированных наночастицами оксида вольфрама, позволили сделать следующие выводы:

1. Сила трения для всех образцов практически одинакова, т.е. коэффициент трения при добавлении наночастиц  $WO_3$  существенно не изменяется.

2. Добавление частиц  $WO_3$  позволяет снизить износ образцов и интенсивность изнашивания в 3,9 раза по сравнению с образцом из чистого алюминия.

3. Образцы с добавлением наночастиц  $WO_3+Cu$  показали минимальную интенсивность изнашивания. Она меньше интенсивности изнашивания образца из АД0 в 11–18 раз, а образца с добавлением только  $WO_3$  в 2,7–4,8 раза.

4. Увеличение количества вводимого порошка  $WO_3+Cu$  с 1% до 10% не снижает интенсивность изнашивания образцов. Лучшие результаты показывает образец с добавлением 1%  $WO_3+Cu$ .

## Литература

1. Курганова, Ю. А. Применение дискретно армированного композиционного материала в узлах трения / Ю. А. Курганова, Т. А. Чернышова, Л. И. Кобелева // Заготовительные производства в машиностроении. – 2006. – № 4. – С. 45-47.
2. Оценка поведения перспективных алюмоматричных композиционных материалов в условиях ударного нагружения / Ю. А. Курганова, С. П. Щербаков, И. Чэнь, Ю. А. Лопатина // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2020. – № 2(776). – С. 71-74.
3. *Mahdi A. D., Irhayyim S. S., Abduljabbar S. F.* Mechanical and wear behavior of Al7075 — graphite self-lubricating composite reinforced by nano-WO<sub>3</sub> particles // *Materials Science Forum*. 2020. V. 1002. P. 151—160.
4. *Xiong S., Liang D., Kong F.* Effect of pH on the tribological behavior of Eu-doped WO<sub>3</sub> nanoparticle in water-based fluid // *Tribology Letters*. 2020. V. 68. Art. N 126.
5. Chen, Y. Cutting properties of aluminum matrix composites / Y. Chen, D. V. Vinogradov, S. V. Kurganov // *Journal of Physics: Conference Series, Moscow*, 20 ноября 2020 года. – Moscow, 2021. – P. 012007. – DOI 10.1088/1742-6596/1990/1/012007.
6. Обрабатываемость резанием композиционных материалов на основе алюминия / П. В. Аношко, З. Ю. Коссова, И. Чэнь [и др.] // Будущее машиностроения России: тринадцатая Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов (с международным участием): сборник докладов: в 2 т., Москва, 22–25 сентября 2020 года / Союз машиностроителей России, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет). Том 1. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. – С. 3-5.
7. Коссова, З. Ю. Исследование обрабатываемости алюмоматричных композиционных материалов сверлением / З. Ю. Коссова, П. В. Аношко, Д. В. Виноградов // Всероссийская научно-методическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Н.П. Малевского: Сборник докладов, Москва, 14 февраля 2020 года. – Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2020. – С. 50-53.
8. Модернизация машины трения типа "Amsler" / Н. Н. Зубков, С. Г. Васильев, В. В. Попцов, Я. И. Шуляк // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2014. – № 9. – С. 33-37.
9. *Елманов И.М., Даровской Г.В.* Совершенствование методики определения коэффициента трения на машинах трения типа «Амслер» / *Физика, химия и механика трибосистем*, 2009, № 8, с. 57–68.
10. Виноградов, Д. В. Исследование и разработка методов оценки работоспособности быстрорежущих инструментов: специальность 05.03.01: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Виноградов Дмитрий Вячеславович. – Москва, 1995. – 16 с.